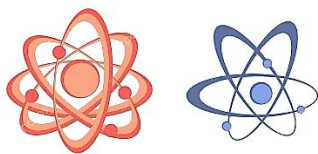


به نام خداوند بخشنده و مهربان



دوپینگ شیمی گروه آموزگار ماز

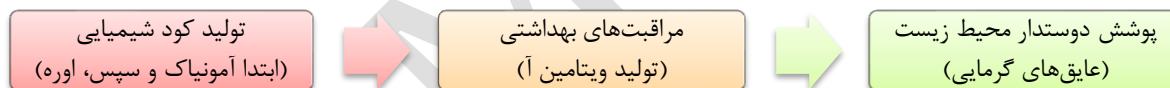
خلاصه نکات فصل چهارم شیمی پایه دوازدهم

اهمیت نکات حفظی این فصل در شیمی کنکور: ★★★★★

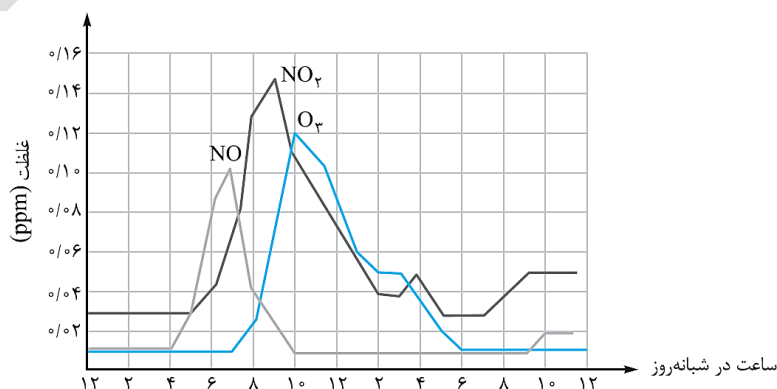
- انسان همواره برای زندگی و ادامه آن با چالش‌ها و مشکلات گوناگونی روبه‌رو بوده است، اما با بهره‌گیری از هوش، خرد و الهام از طبیعت توانسته برای هر پرسش در ذهن خود پاسخی بیابد.
- انسان برای حل مسئله در هر زمان و مکان، راهکاری عملی یافته است. هرچند که برخی از پاسخ‌های ارائه شده و راهکارهای استفاده شده ساده و برخی دیگر پیچیده‌اند، اما هر یک از آن‌ها در جای خود نوآورانه و کارآمد بوده‌اند.
- مجموعه تلاش‌های انسان در گذر زمان منجر به تولید و انباشت دانش و فناوری شده است. یکی از این موارد، دانش شیمی و فناوری‌های آن است که نقش پررنگی برای گذر از تنگناها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است. جدول زیر برخی از دستاوردهای مهم شیمی را در این راستا نشان می‌دهد:

نام فناوری	نمونه‌های استفاده از فناوری
تصفیه آب	جلوگیری از گسترش بیماری‌هایی از جمله و با در جهان
تولید پلاستیک	تحول در صنعت پوشاک و صنعت بسته بندی (غذا، دارو و ...)
شناسایی و تولید مواد بی‌حس‌کننده و آنتی بیوتیک	هموار کردن راه برای جراحی‌های گوناگون
شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب	تأمین غذای جمعیت جهان
تولید بنزین	سرعت بخشیدن به حمل و نقل و کاهش آلودگی توسط مبدل‌های کاتالیستی

- استفاده بهینه و درست از دانش و فناوری، آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می‌کند، اما استفاده نادرست از آن، آثار مخرب‌تر و زیانبارتری به دنبال خواهد داشت. برای نمونه تولید سلاح‌های شیمیایی استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهد.
- نمودار ترتیب زمانی تولید برخی از فناوری‌های شیمیایی را در سال‌های پس از انقلاب صنعتی نشان داده شده است:



- تماشای آسمان آبی و تنفس در هوای پاک همیشه لذت بخش و شادی آفرین است اما گاهی در آسمان به ویژه در زمستان، شاهد لایه قهوه‌ای روشن هستیم که سطح شهرهای بزرگ جهان و کشورمان را می‌پوشاند. این لایه‌ی قهوه‌ای رنگ ناشی از وجود گاز NO_2 در هواکره است.
- هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور یکنواخت در هوا کره پخش شده‌اند. این در حالی است که هوای آلوده افزون بر این گازها، حاوی گازهای گوناگونی مانند SO_2 ، O_3 ، NO_2 ، CO ، NO و ذره‌های معلق و مواد آلی فرآر است.
- به دلیل وجود آلاینده‌های مختلف، هوای آلوده بوی بدی دارد، چهره شهر را زشت می‌کند، فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد و سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود
- نمودار زیر، روند تغییر غلظت برخی از آلاینده‌ها را در نمونه‌ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می‌دهد:



در رابطه با نمودار داده شده، به مطالب زیر توجه کنید:

- در ابتدای صبح به دلیل فعالیت زیاد خودروها، گاز NO از موتور خودروها خارج می‌شود، پس این گاز حدود ساعت ۷ صبح دارای بیشترین غلظت خود در طول شبانه روز است. البته، گاز NO در شرایط دیگری مانند دمای بسیار بالا و یا رعد و برق، طی واکنش گازهای اکسیژن و نیتروژن نیز تولید می‌شود.
- با گذشت زمان، طبق واکنش $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ ، غلظت گاز NO کاهش یافته و حدود ساعت ۹ گاز NO_2 به حداکثر غلظت خود در شبانه روز می‌رسد. این گاز سبب ایجاد لایه‌ای قهوه‌ای در آسمان می‌شود که در زمستان، این رنگ با شدت بیش‌تری نمایان می‌شود.
- گازهای NO و NO_2 جز رادیکال‌های آزاد هستند و باعث بیماری‌های تنفسی می‌شوند.
- گاز O_3 از دیگر آلاینده‌های موجود در هوا است که به واسطه‌ی واکنش $NO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g) + O_3(g)$ (واکنش تولید اوزون تروپوسفری) تولید می‌شود. در حوالی ساعت ۱۰ صبح O_3 بیشترین غلظت در بین ساعات شبانه روز را دارد.
- گاز O_3 یک آلاینده سمی و خطرناک است؛ به طوری که حضور آن در هوای تنفسی سبب سوزش چشم‌ها و آسیب دیدن ریه می‌شود.
- در طول شب غلظت هیچ‌کدام از آلاینده‌ها به صفر نمی‌رسد و ترتیب غلظت آن‌ها در طول شب به صورت $NO_2 > NO > O_3$ است.
- تعدادی از آلاینده‌هایی که در خروجی اگزوز خودروها وجود دارند، عبارت از CO ، SO_2 ، NO و C_xH_y هستند.
- آلاینده‌های خارج شده از اگزوز، در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هواکره می‌شوند. علاوه بر این، دمای آن‌ها در این زمان بسیار کوتاه به سرعت کاهش می‌یابد.
- دلیل وجود هیدروکربن‌ها در اگزوز خودرو، این است که این هیدروکربن‌ها بسیار فرار بودند و قبل از واکنش با اکسیژن از اگزوز خارج شدند.
- مقایسه‌ی مقدار چند مورد از آلاینده‌های تولید شده در اگزوز خودرو به ازای طی یک کیلومتر به صورت $CO > C_xH_y > NO$ است.
- گاز CO ، ماده‌ای بی‌رنگ و بی‌بو بوده و بسیار سمی است. توجه کنید که CO_2 مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای موجود در هواکره است.
- هوای پاک و خشک، مخلوط همگنی است که شامل گازهای نیتروژن (۷۸ درصد حجمی)، اکسیژن (۲۱ درصد حجمی)، آرگون (۰/۹۳ درصد حجمی)، کربن‌دی‌اکسید (۰/۳۸۵ درصد حجمی)، نئون (۰/۰۱۸ درصد حجمی)، هلیوم، کریپتون، زنون و دیگر گازها می‌شود.
- گاز SO_2 نیز یکی از آلاینده‌های موجود در هوا است که بر اثر فعالیت‌های صنعتی و فعالیت‌های آتشفشانی وارد هواکره می‌شود. این گاز براساس معادله $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$ و بر اثر سوختن گوگرد موجود در سوخت‌های بی‌کیفیت تولید می‌شود.
- هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب بی‌رنگ هستند و نمی‌توان به آسانی وجود آن‌ها را تشخیص داد. همچنین نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آن‌ها در شهرهای گوناگون متفاوت است. یکی از روش‌هایی که با توجه به آن می‌توانیم نوع و غلظت آلاینده‌ها را تشخیص دهیم، برهم‌کنش این مواد با پرتوهای الکترومغناطیسی است.
- هرگاه یک نمونه ماده در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی قرار گیرد، ممکن است گستره معینی از آن‌ها را جذب کرده و پرتوهای باقی مانده را بازتاب کند یا عبور دهد. شیمی‌دان‌ها با استفاده از برهم‌کنش‌های پرتوهای مرئی، فروسرخ، فرابنفش و پرتوهای الکترومغناطیسی، روش‌های گوناگون طیف‌سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه‌گذاری کرده‌اند. به عنوان مثال، تصویر زیر برهم‌کنش دو ماده با نور را نشان می‌دهد:



- یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به کار می‌رود، طیف‌سنجی فروسرخ (نوعی پرتو الکترومغناطیسی با طول موج بلندتر از ۷۰۰ نانومتر) نام دارد. با توجه به اینکه شمار و نوع اتم‌های سازنده هر گروه عاملی متفاوت از دیگری است، موادی که شامل هر نوع گروه عاملی می‌شوند تنها گستره معین و منحصر به فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند.
- طیف‌سنجی فروسرخ برای تشخیص موارد دیگری از جمله برخی آلاینده‌های هواکره (کربن‌مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن) و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای به کار می‌رود.
- افزون بر طیف‌سنجی فروسرخ، می‌توان از برهم‌کنش پرتوهای فرابنفش، مرئی و یا امواج رادیویی نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. دستگاه ام‌آر‌آی (MRI)، نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

در صورتی که برای ثبت نام در آزمون ماز به راهنمایی نیاز دارید، عدد ۲۰ را به سامانه ۰۸۵۸۵۰۰۰ ارسال کنید.

- در جدول زیر، به تمام انواع طیف‌سنجی‌های بررسی شده در کتاب شیمی دبیرستان می‌پردازیم:

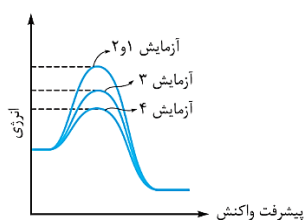
طیف‌سنج جرمی	اندازه‌گیری جرم اتم‌ها با دقت زیاد
طیف‌سنج	کسب اطلاعات از پرتوهای گسیل شده از مواد و سیاره‌ها و ستاره‌ها
طیف‌سنجی پیشرفته	تعیین آرایش الکترونی اتم‌هایی که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند
طیف‌سنجی فروسرخ	تشخیص گروه عاملی و گروهی از آلاینده‌ها

- واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های گوناگون انجام می‌شوند. برای نمونه واکنش زنگ زدن آهن کند است، در حالی که واکنش سوختن متان، تند است. افزایش دما سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود. برای نمونه گاز نیتروژن با گاز اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی‌دهد اما درون موتور خودرو که دمایی بیش‌تر از 1000°C دارد، اندکی از این گازها به نیتروژن مونوکسید تبدیل می‌شود.
- هر واکنش شیمیایی برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش آغاز شود، باید واکنش‌دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند. به این حداقل انرژی مورد نیاز، انرژی فعال‌سازی واکنش (E_a) می‌گویند و آن را با یکای کیلوژول نشان می‌دهند.
- یکی از روش‌های تأمین انرژی فعال‌سازی، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است.
- واکنش‌های شیمیایی صرف نظر از اینکه گرماده یا گرماگیر باشند، برای آغاز شدن به انرژی فعال‌سازی نیاز دارند. به طور مثال برای روشن شدن کبریت، هنگامی که نوک آن روی سطح زبر قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش را تأمین می‌کند.
- هرچه انرژی فعال‌سازی واکنشی بیش‌تر باشد، سرعت آن واکنش کم‌تر است. چنین واکنشی در شرایط دشوارتر و دمای بالاتری انجام می‌شود.
- با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیش‌تر می‌شود؛ به طوری که انرژی فعال‌سازی واکنش تأمین شده و شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند، افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد.
- اگر محتوای انرژی فراورده‌ها (آنتالپی) پایین‌تر از واکنش‌دهنده‌ها باشد، واکنش مورد نظر گرماده است و اگر محتوای انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بالاتر باشد، واکنش مورد نظر نوعی واکنش گرماگیر است. در هر واکنش تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، نشان دهنده ΔH واکنش و تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها با قله نمودار نیز نشان‌دهنده مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش است.
- فسفر سفید، برخلاف گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. علت این پدیده، انرژی فعال‌سازی کمتر واکنش سوختن فسفر سفید در مقایسه با گاز هیدروژن است. نمودار انرژی-پیشرفت این دو واکنش به صورت زیر است:



- برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده‌ها در آن‌ها صرفه اقتصادی ندارد. به همین دلیل، برای انجام اینگونه واکنش‌ها از کاتالیزگرهای مختلفی استفاده می‌کنند.
 - کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند، اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. از این رو می‌توان آن‌ها را بارها و بارها به کار برد. همچنین استفاده از کاتالیزگرها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط می‌شود. در مثال‌های زیر، کاتالیزگر برخی از واکنش‌های مهم بررسی شده است:
- $$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Fe}} 2\text{NH}_3 \quad \bullet \quad \text{C}_6\text{H}_6 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \text{C}_6\text{H}_{12} \quad \bullet \quad \text{C}_2\text{H}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{FeCl}_3} \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 \quad \bullet \quad 2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{KI}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$$
- هر کاتالیزگر می‌تواند به شمار معدودی واکنش سرعت ببخشد. این مواد اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می‌کنند. در نقطه مقابل، مواد بازدارنده سرعت انجام واکنش شیمیایی را برخلاف کاتالیزگرها کاهش می‌دهند.
 - در حضور کاتالیزگر، نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود. همچنین، کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.
 - کاتالیزگر را می‌توان به تونلی در یک جاده کوهستانی تشبیه کرد. تونل با کوتاه کردن مسیر حرکت سبب می‌شود که مسافران زودتر به مقصد برسند. کاتالیزگر نیز با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش‌دهنده‌ها سریع‌تر به فراورده‌ها تبدیل شوند اما آنتالپی واکنش ثابت می‌ماند.
 - افزایش دما باعث کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش نمی‌شود، اما با تأمین انرژی فعال‌سازی، توانایی افزایش سرعت واکنش را دارد.

- در جدول و نمودار زیر، سرعت واکنش گاز هیدروژن و اکسیژن در دمای 25°C با شرایط مختلف بررسی می‌کنیم:

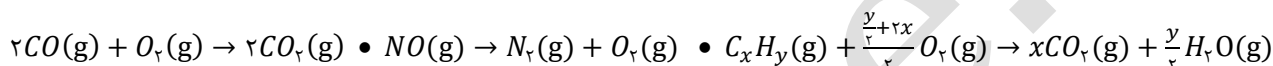


آزمایش	شرایط آزمایش	سرعت واکنش	ΔH واکنش
۱	بدون حضور کاتالیزگر	ناچیز	-572 kJ
۲	ایجاد جرقه در مخلوط	انفجاری	-572 kJ
۳	در حضور پودر روی	سریع	-572 kJ
۴	در حضور توری پلاتینی	انفجاری	-572 kJ

- یکی از راهکارهای مهم برای حذف آلاینده‌های تولید شده توسط خودروها (گازهای CO ، SO_2 ، NO و C_xH_y)، گذاشتن قطعه‌ای به نام مبدل کاتالیستی در مسیر خروج گازها از اگزوز خودروها است. تصویر زیر، ساختار این مبدل‌ها را نشان می‌دهد:



- آلاینده‌های مختلف با عبور از قطعه‌ای که بر سر راه خروج آن‌ها قرار دارد، در واکنش‌های مختلفی شرکت کرده و به فراورده‌هایی کم‌خطر تبدیل می‌شوند. معادله این واکنش‌ها به صورت زیر است:



- واکنش‌های بالا، مقدار E_a بالایی دارند. این حقیقت، نشان می‌دهد که این واکنش‌ها در دماهای بالا انجام می‌شوند و یا اگر هم در دمای پایین انجام شوند، سرعت واکنش بسیار کند است. به همین خاطر است که در روزهای سرد زمستان، آلاینده‌های بیش‌تری از اگزوز خارج می‌شوند.

میزان اثر گذاری مبدل کاتالیستی در رابطه با آلاینده‌های مختلف به صورت زیر است:

- ترتیب میزان آلاینده‌های خارج شده از خودرو در غیاب مبدل: $\text{CO} > \text{C}_x\text{H}_y > \text{NO}$

- ترتیب میزان آلاینده‌های خارج شده از خودرو در حضور مبدل: $\text{CO} > \text{C}_x\text{H}_y > \text{NO}$

- ترتیب میزان اثر مبدل کاتالیستی بر روی حذف آلاینده‌های خارج شده از خودرو: $\text{NO} > \text{C}_x\text{H}_y > \text{CO}$

- در ساختار مبدل‌های کاتالیستی، یک قطعه سرامیکی وجود دارد. بر روی سطح این قطعه که به شکل توری به کار می‌رود، فلزهای رودیم (Rh)، پالادیوم (Pd) و پلاتین (Pt) به عنوان کاتالیزگر نشانده شده است. این فلزها E_a واکنش‌های انجام شده در مبدل را کاهش می‌دهند.

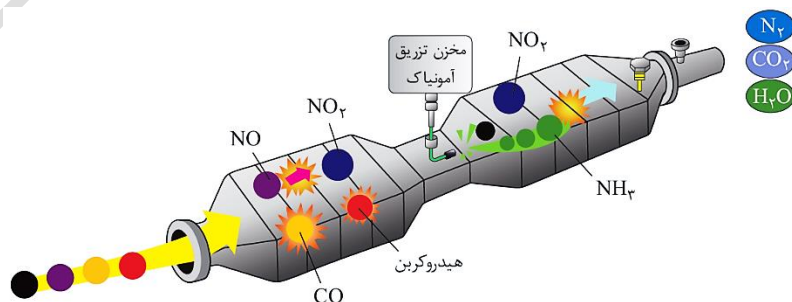
- در سطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند.

- برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل مش (دانه‌های ریز در می‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند. این فرایند، با افزایش سطح تماس میان کاتالیزگرها و آلاینده‌ها سبب افزایش قدرت مبدل می‌شود.

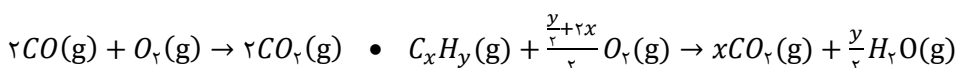
- با اینکه مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند، اما کارایی این قطعه پس از مدت معینی کاهش یافته و دیگر قابل استفاده نیست.

- مبدل کاتالیستی ذکر شده صرفاً برای استفاده در خودروهای بنزینی طراحی شده است، زیرا با استفاده از این مبدل‌ها نمی‌توان گازهای NO و NO_2 خروجی از خودروهای دیزلی را حذف کرد. بر این اساس، برای حذف آلاینده‌های خودروهای دیزلی از روشی دیگر استفاده می‌کنند.

- شکل زیر مبدل کاتالیستی را در خودروهای دیزلی نشان می‌دهد:



- این مبدل در برخورد با گازهای CO و C_xH_y ، مشابه به مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی رفتار می‌کند. معادله واکنش‌های انجام شده به صورت مقابل است:



- در مبدل مخصوص خودروهای دیزلی، با ورود آمونیاک و انجام واکنش $NO(g) + NO_2(g) + 2NH_3(g) \rightarrow 2N_2(g) + 3H_2O(g)$ گازهای NO و NO_2 به گاز N_2 تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود آلاینده‌های NO و NO_2 به هواکره جلوگیری می‌شود.
 - چون در واکنش مربوط به حذف اکسیدهای نیتروژن در خودروهای دیزلی گاز آمونیاک مصرف می‌شود، پس می‌توان گفت تعداد اتم‌های نیتروژن خارج شده از اگزوز خودرو دیزلی بیش‌تر از تعداد اتم نیتروژن خارج شده از موتور این خودروها است.
 - غذا به عنوان محور رشد و سلامتی، یکی از ضرورت‌های زندگی برای ادامه آن به شمار می‌رود، اما محدودیت منابع و روند رو به افزایش جمعیت جهان سبب شده تا تأمین غذا به یکی از چالش‌های زندگی تبدیل شود.
 - بهترین راه‌حل برای مسئله‌ی تأمین غذا، افزایش بهره‌وری در تولید فراورده‌های کشاورزی است. در این راستا شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک راهگشا خواهد بود.
 - گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند، اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. به همین خاطر، گیاهان باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره از خاک جذب کنند.
 - گیاهان برای رشد افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، به عنصرهایی مانند P ، N ، S و K نیز نیاز دارند.
 - در برخی از کشورها برای افزایش بازده تولید فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی مستقیماً به خاک تزریق می‌کنند.
- فرایند هابر(واکنش تولید آمونیاک) از مهم‌ترین واکنش‌های مطرح شده در کتاب درسی است. در رابطه با این واکنش، به نکات زیر دقت کنید:
- واکنش تولید آمونیاک به صورت $N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons{Fe} 2NH_3(g)$ است.
 - در دمای اتاق، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه پیش نمی‌رود، زیرا انرژی فعال‌سازی این واکنش بسیار بزرگ است. بر این اساس، فریتس هابر با تلاش فراوان شرایط بهینه برای انجام شدن ای واکنش را یافت.
 - شرایط بهینه واکنش تولید آمونیاک(شرایطی که در آن واکنش‌دهنده‌ها تا حد ممکن به فراورده‌ها تبدیل شوند)، دمای $450^\circ C$ و فشار 200 اتمسفر در حضور کاتالیزگر آهن است.
 - واکنش انجام شده در فرایند هابر، برگشت‌پذیر است و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد. تعادلی که در دمای معین، شامل مخلوطی از گازهای واکنش‌دهنده و فراورده با غلظت ثابت می‌شود.
 - تولید فراورده بیش‌تر در شرایط معین، به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به عبارت دیگر، هر چه میزان پیشرفت واکنش بیش‌تر باشد، درصد بیش‌تری از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند.
 - مقدار ثابت تعادل هر واکنش، معیاری است برای سنجش میزان پیشرفت آن واکنش. در واقع مقدار ثابت تعادل هر واکنش برابر است با نسبت میان حاصل‌ضرب غلظت تعادلی فراورده‌های گازی یا محلول، هر یک به توان ضریب استوکیومتری آن‌ها به حاصل‌ضرب غلظت تعادلی واکنش‌دهنده‌های گازی و محلول هر یک به توان ضریب استوکیومتری آن‌ها.
 - ثابت تعادل واکنش انجام شده در فرایند هابر طبق رابطه‌ی $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3}$ به دست می‌آید.
 - اصل لوشالیه بیان می‌کند که اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند.
 - هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در سامانه تعادلی افزایش یابد، واکنش در جهت مصرف آن ماده تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل جدیدی برسد. در نقطه مقابل، اگر غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در سامانه تعادلی کاهش یابد، واکنش در جهت تولید آن ماده تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل جدیدی برسد. توجه داریم که طی این جابه‌جایی، مقدار K واکنش ثابت می‌ماند.
 - برای افزایش غلظت مواد، می‌توان میزان مول آن‌ها را افزایش داد و یا حجم ظرف محتوی آن‌ها را کاهش داد. به طور مثال، در واکنش هابر، با افزودن مقداری از گازهای نیتروژن، هیدروژن به ظرف واکنش، واکنش در جهت مصرف این گازها پیش می‌رود.
 - به شرط یکسان نبودن تعداد مول‌های گازی در دو سمت معادله‌ی یک واکنش تعادلی، کاهش حجم ظرف محتوی سامانه در دمای ثابت، تعادل را در جهت مول‌های گازی کم‌تر جابه‌جا می‌کند. بر این اساس، می‌توان گفت کاهش حجم ظرف، باعث افزایش سرعت واکنش رفت و برگشت می‌شود اما سرعت واکنشی که منجر به تولید تعداد مول‌های گازی کم‌تری می‌شود را به مقدار بیش‌تری افزایش می‌دهد.

- اگر در یک واکنش تعادلی، شمار مول‌های گازی موجود در دو سمت معادله واکنش با همدیگر برابر باشند، با افزایش و یا کاهش حجم ظرف واکنش، تعادل جابه‌جا نمی‌شود و شمار مول‌های هر یک از گونه‌های شرکت کننده در واکنش نیز ثابت باقی می‌ماند.
- در جدول زیر اثر تغییر حجم و تغییر فشار بر روی واکنش‌های تعادلی را بررسی می‌کنیم:

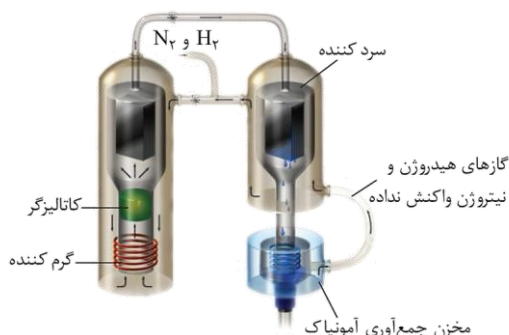
مول‌های گازی واکنش دهنده < مول‌های گازی فراورده				مول‌های گازی واکنش دهنده > مول‌های گازی فراورده			
مول واکنش دهنده	غلظت واکنش دهنده	غلظت فراورده	مول واکنش دهنده	مول واکنش دهنده	غلظت واکنش دهنده	غلظت فراورده	مول واکنش دهنده
↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑
↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓

- بر اساس داده‌های موجود در جدول بالا، روند تغییر غلظت واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها در تعادل جدید برقرار شده در مقایسه با تعادل اولیه، با تغییرات حجم رابطه‌ی عکس و با تغییرات فشار رابطه‌ی مستقیم دارد.
- در برخی از سامانه‌های تعادلی، تغییر غلظت ایجاد شده در سامانه، با جابه‌جایی تعادل به صورت کامل جبران می‌شود. به عنوان مثال، در تعادل شیمیایی $MgCO_3(s) \rightleftharpoons MgO(s) + CO_2(g)$ ؛ $K = [CO_2]$ ، با خارج کردن مقداری گاز CO_2 از سامانه تعادل، واکنش در جهت رفت جابه‌جا می‌شود تا غلظت این گاز را به مقدار اولیه آن برساند.
- تغییر دما از دیگر عواملی است که باعث جابه‌جایی تعادل می‌شود، اما این عامل برخلاف بقیه موارد، باعث تغییر میزان K واکنش نیز می‌شود. اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون، یکسان نیست و به گرماده یا گرماگیر بودن آن‌ها بستگی دارد.
- هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی افزایش می‌یابد، تعادل در جهت مصرف گرما پیش می‌رود. به عبارتی با افزایش دمای یک سامانه در حال تعادل، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت به طور همزمان افزایش می‌یابد اما میزان افزایش سرعت برای واکنشی که با مصرف گرما همراه است، بیش‌تر خواهد بود.
- در اغلب واکنش‌های تعادلی، نماد Q در سمتی از معادله واکنش قرار دارد که مجموع تعداد مول‌های گازی و یا محلول آن کم‌تر باشد.
- در جدول زیر اثر دما را بر جابه‌جایی تعادل بررسی می‌کنیم.

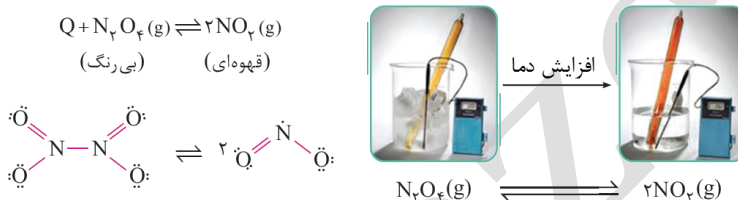
تعادل‌های گرماده ($\Delta H < 0$)			تعادل‌های گرماگیر ($\Delta H > 0$)		
غلظت واکنش دهنده	غلظت فراورده	مقدار K	غلظت واکنش دهنده	غلظت فراورده	مقدار K
↑	↓	↓	↓	↑	↑
↓	↑	↑	↑	↓	↓

- هابر به دنبال شرایط بهینه‌ای برای انجام واکنش تولید آمونیاک بود. او می‌دانست که با افزایش دما و تأمین انرژی فعال سازی، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. از این رو واکنش را در دماهای بالاتر بررسی کرد.
- در دماهای بالا، واکنش تولید آمونیاک با سرعت چشمگیری انجام می‌شد، اما چون این واکنش گرماده بود، با پیشرفت کمی به تعادل می‌رسید؛ به طوری که سامانه محتوی مخلوطی از هر سه گاز بود. هابر هر چه دما را بالاتر می‌برد، درصد مولی آمونیاک در مخلوط واکنش کاهش می‌یافت. هابر دریافت که افزایش دما نمی‌تواند برای تولید آمونیاک بیش‌تر ثمربخش باشد، با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.
- هابر با استفاده از کاتالیزگر مناسب (ورقه‌های آهنی)، توانست واکنش تولید آمونیاک را در دماهای پایین‌تر و با سرعت مناسب انجام دهد؛ هر چند که هنوز هم درصد مولی آمونیاک در مخلوط واکنش مطلوب نبود. هابر برای رفع این مشکل، از افزایش فشار بر سامانه واکنش بهره برد.
- در فرایند هابر، با افزایش فشار در دمای ثابت، درصد مولی آمونیاک در سامانه افزایش پیدا می‌کند. به این ترتیب، هابر توانست شرایط بهینه برای تولید آمونیاک را بیابد. شرایطی که در آن، تنها ۲۸ درصد مولی مخلوط واکنش را آمونیاک تشکیل می‌دهد.
- در پایان واکنش، در ظرف مخلوطی از گازهای آمونیاک، هیدروژن و نیتروژن را داریم که برای جداسازی آن‌ها از تفاوت نقطه جوش آن‌ها بهره می‌بریم. چون نقطه جوش آمونیاک (-34°C) اختلاف زیادی با نقطه جوش هیدروژن (-253°C) و نیتروژن (-196°C) دارد، با رساندن دمای سامانه به نقطه جوش آمونیاک، این ماده میعان شده و از مخلوط خارج می‌شود.

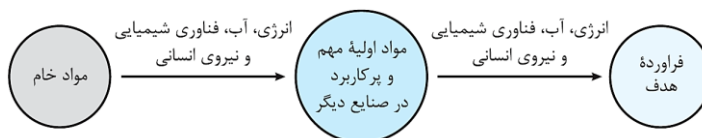
- شکل زیر، نمایی از فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می‌دهد:



- سردکننده‌ی موجود در دستگاه تولید آمونیاک، دما را تا حدود -34°C کاهش می‌دهد تا آمونیاک میعان شده و از سایر مواد جدا شود.
- استفاده از کاتالیزگر (تیغه آهن) در این واکنش، در درصد پیشرفت واکنش نقشی ندارد و فقط سرعت واکنش را افزایش می‌دهد.
- هرچند تولید آمونیاک به روش هابر باعث طولانی‌تر شدن جنگ جهانی اول گردید؛ اما به دنبال آن شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فرآورده‌های کشاورزی فراهم شد.
- به معادله‌ی تعادل گازی زیر و روند تغییر رنگ آن توجه کنید:

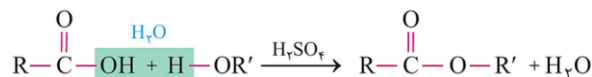


- نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به همین دلیل برخی کشورها صادرکننده این منابع و برخی دیگر واردکننده آن‌ها هستند.
- برخی از کشورهای دنیا با کسب درآمد از فروش منابع خود، زمینه آسایش، رشد و توسعه را فراهم می‌کنند. این فروش منابع می‌تواند به روش‌های مختلفی صورت بگیرد. بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت بدست می‌آید، می‌فروشند. این فرایند به خام فروشی معروف است. برای نمونه فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است.
- خام فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است. برای نمونه قیمت یک تن مس خالص در بازارهای جهانی به هزاران برابر قیمت یک تن سنگ معدن مس می‌رسد. این تفاوت چشمگیر نشان می‌دهد که دانش و فناوری استخراج و خالص‌سازی تا چه اندازه ارزشمند است.
- در برخی از کشور، به کمک فناوری‌های شیمیایی، مواد خام و اولیه را به فرآورده‌های دیگر تبدیل می‌کنند تا بتوان آن‌ها را به قیمت بالاتری به فروش رساند. به عنوان مثال، نفت خام را پس از پالایش، به فرآورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید تبدیل می‌کنند.
- هر چه درصد خلوص یک ماده شیمیایی بیش‌تر باشد، قیمت آن ماده نیز بیش‌تر خواهد بود. به همین دلیل فناوری‌های جداسازی و خالص‌سازی مواد یکی از فناوری‌های پیشرفته، گران، پرکاربرد و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به شمار می‌رود.
- به کارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فراوری شده، سبب رشد و بهره‌وری اقتصاد یک کشور می‌شود. از نفت خام می‌توان چند فرآورده‌ی نفتی مانند بنزین، پلی‌اتن، اتانول، متانول و اتیلن گلیکول تهیه کرد.
- فناوری را می‌توان به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. تصویر زیر، نمایی از کلربرد فناوری را نشان می‌دهد:



- شیمی‌دان‌ها با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و بصره‌تر آن‌ها ارائه می‌کنند. آن‌ها همچنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند. این موارد بیانی از فناوری شیمیایی هستند.

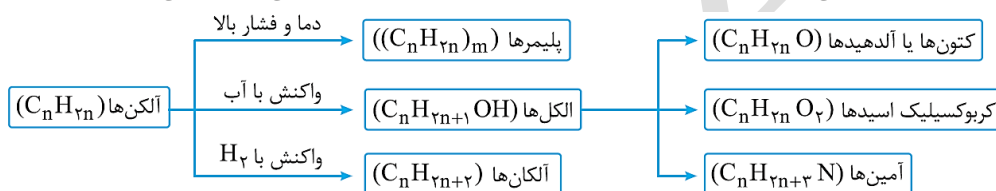
- مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.
- یکی از لذت‌بخش‌ترین فناوری‌های شیمیایی، سنتز مواد نو از جمله رنگ‌دانه‌ها، خوشبوکننده‌ها، داروهای ضدسرطان، الیاف، سوخت‌های دوستدار محیط‌زیست و مواد هوشمند است. سنتز، کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی است که باعث طراحی و تولید مواد جدید می‌شود.
- سنتز یک فرایند شیمیایی هدفمند است که در آن با استفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگر را تولید می‌کنند. به طور مثال، برای سنتز یک استر می‌توان از واکنش یک اسید آلی با یک الکل در شرایط مناسب بهره برد. شکل زیر، واکنش کلی تولید استر را نشان می‌دهد:



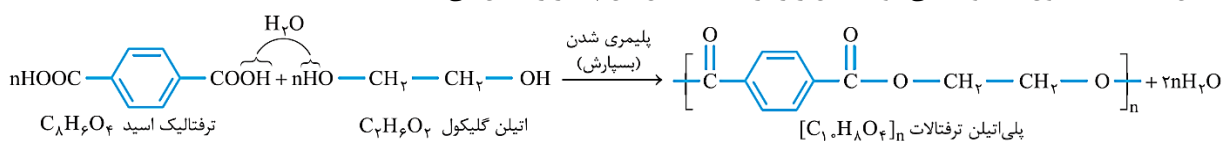
- گاز اتن (C_2H_4) یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی است. از این گاز، مواد آلی گوناگون، پرمصرف و اغلب ارزشمند می‌توان تهیه کرد. در جدول زیر، برخی از موادی را که با استفاده از گاز اتن تولید می‌شوند بررسی می‌کنیم:

نام واکنش	معادله واکنش	کاربرد فراورده تولید شده
واکنش تولید گاز اتان	$C_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{Ni} C_2H_6(g)$	سوخت
واکنش تولید کلرواتان	$C_2H_4(g) + HCl(g) \rightarrow C_2H_5Cl(g)$	افشانه بی‌حس‌کننده موضعی
واکنش تولید پلی‌اتن	$C_2H_4(g) \xrightarrow{\text{فشار و دما}} (C_2H_4)_n(s)$	سازنده اصلی برخی لوازم پلاستیکی
واکنش تولید اتانول	$C_2H_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5OH(l)$	ضد عفونی‌کننده - حلال صنعتی
واکنش تولید اتیل استات	$C_2H_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5OH(l)$ $C_2H_5OH(l) + C_2H_3CO_2(l) \xrightarrow{H_2SO_4} C_4H_7O_2(l) + H_2O(l)$	حلال چسب

- الکل‌ها با استفاده از آلکن‌ها تولید می‌شوند. نمودار زیر، فرایند تبدیل الکل‌ها به سایر ترکیب‌های آلی را نشان می‌دهد:

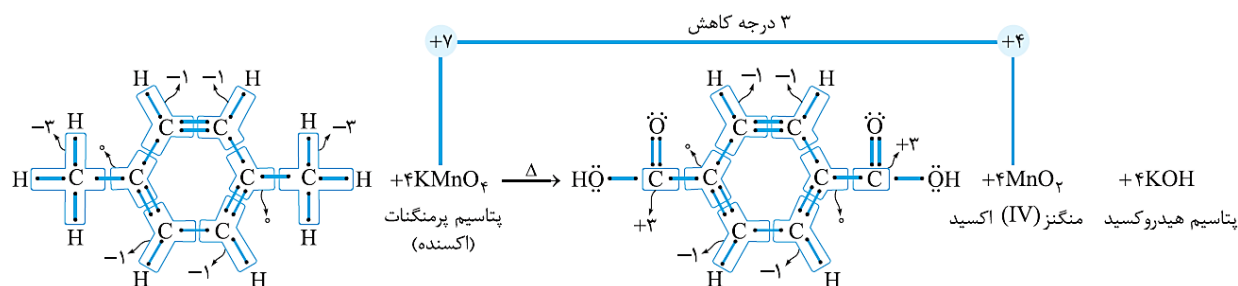


- با استفاده از مواد مناسب و واکنش‌های شیمیایی ویژه، می‌توان مواد آلی گوناگون را به یکدیگر تبدیل کرد.
- هر چه نوع و شمار گروه‌های عاملی در مولکول هدف بیش‌تر باشد، ساخت آن دشوارتر و به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد.
- بازده واکنش، هزینه مواد و انرژی مصرفی برای تولید ماده هدف به نوع واکنش و فناوری به کاررفته بستگی دارد. شیمی‌دان‌ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان و دوستدار محیط‌زیست، همچنین واکنش‌های شیمیایی آسان و پربازده هستند تا هزینه تمام شده سنتز را کاهش دهند.
- سالانه شمار بسیار زیادی بطری پلاستیکی برای نگهداری و بسته‌بندی آب آشامیدنی تولید می‌شود. بطری آب، از پلیمری به نام پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) ساخته می‌شود. فرمول مولکولی پلی‌اتیلن ترفتالات به صورت $(C_{10}H_8O_4)_n$ است.
- برای ساخت بطری‌هایی از جنس پلی‌اتیلن ترفتالات، نخست پلیمر آن‌ها را تهیه می‌کنند. سپس این پلیمرها را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید.
- پلی‌اتیلن ترفتالات پلیمری از خانواده‌ی پلی‌استرها است که از واکنش میان یک الکل دوعاملی به نام اتیلن گلیکول با فرمول مولکولی $C_2H_6O_2$ و یک اسید دوعاملی به نام ترفتالیک اسید با فرمول مولکولی $C_8H_6O_4$ تهیه می‌شود. در این واکنش به ازای مصرف هر مول از هر یک از واکنش‌دهنده‌ها، ۲ مول آب تولید می‌شود. شکل زیر فرایند تشکیل این پلیمر را نشان می‌دهد:

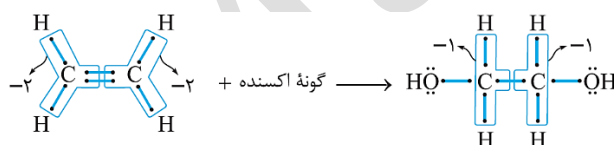


- مونومرهای مورد نیاز برای تولید پلی‌اتیلن ترفتالات (اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید)، در نفت خام وجود ندارند و به همین خاطر، نمی‌توان آن‌ها را به طور مستقیم از نفت خام به دست آورد. در چنین شرایطی، با بهره‌گیری از دانش شیمی می‌توان این مواد را با استفاده از مواد خام و اولیه که از نفت خام جداسازی می‌شوند، سنتز کرد.

- پارازایلن یک هیدروکربن حلقوی با فرمول C_8H_8 است که به طور مستقیم از نفت خام بدست می آید و می توان از آن در تهیه ترفتالیک اسید استفاده کرد.
- ترفتالیک اسید را می توان از اکسایش پارازایلن به دست آورد. در این واکنش، پتاسیم پرمنگنات اکسنده ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب پارازایلن را با بازده نسبتا خوب بر اساس معادله $C_8H_8 + 4KMnO_4 \rightarrow C_8H_4O_4 + 4MnO_2 + 4KOH$ به ترفتالیک اسید تبدیل می کند. معادله این واکنش به صورت زیر است:

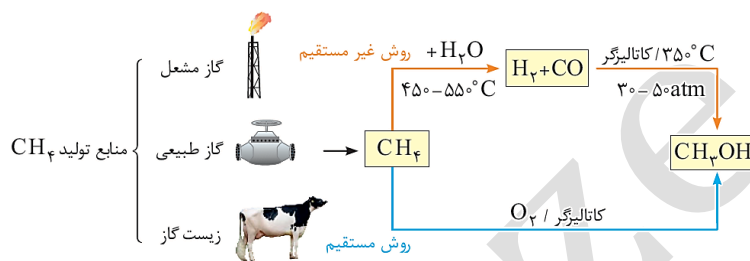


- در واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، یون پرمنگنات به منگنز (IV) اکسید تبدیل شده و عدد اکسایش منگنز از +۷ به +۴ می رسد.
- فرایند اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید دشوار است و انرژی فعال سازی بالایی دارد. با وجود غلظت بالای یون پرمنگنات، باز هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی شود؛ مگر آنکه دمای مخلوط واکنش افزایش یابد. با افزایش دما اگرچه شرایط انجام واکنش تأمین شده است، اما بازده همچنان مطلوب نیست.
- شیمی دان ها دریافتند که با استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگر مناسب، می توان پارازایلن را در شرایط آسان تری به ترفتالیک اسید تبدیل کرد.
- اتیلن گلیکول، از دیگر واکنش دهنده های مصرف شده در واکنش تولید پلی اتیلن ترفتالات است. این ماده را همانند ترفتالیک اسید، نمی توان به طور مستقیم از نفت خام به دست آورد. برای تولید اتیلن گلیکول از اتن (ماده ای که به طور مستقیم از تقطیر نفت خام حاصل می شود) استفاده می کنیم. گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می شود. پتاسیم پرمنگنات در این واکنش نقش اکسنده را بر عهده دارد. معادله این واکنش به صورت زیر است:

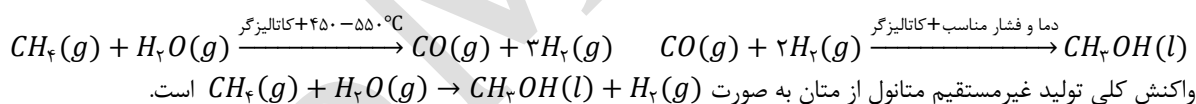


- در واکنش های تولید ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول، از یک اکسنده یکسان استفاده می شود. اکسنده ی واکنش تولید ترفتالیک اسید محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات است، اما اکسنده ی واکنش تولید اتیلن گلیکول محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات است.
- پلی اتیلن ترفتالات، همانند پلیمرهای سنتزی، ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می شود. به همین دلیل، پسماندهای حاصل از این ماده، تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به شمار می آید.
- پلاستیک ها به دلیل ویژگی هایی روبرو، کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده اند: ۱- چگالی کم ۲- نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب ۳- ارزان بودن ۴- مقاومت در برابر خوردگی
- استفاده بی رویه و بیش از حد از مواد پلاستیکی در صنایع گوناگون، به همراه زیست تخریب ناپذیری این مواد، سبب شده که پلاستیک ها در جای جای کره زمین یافت شوند. به همین خاطر است که گفته می شود بازیافت پلاستیک ها اجتناب ناپذیر است.
- یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی اتیلن ترفتالات است. برای این منظور، باید اجسام ساخته شده از این پلیمر را جداگانه جمع آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی، به مواد قابل استفاده تبدیل کرد.
- از آنجا که سالانه حجم انبوهی از پسماندهای پلی اتیلن ترفتالات تولید می شود، بازیافت شیمیایی آن بسیار ضروری و ارزشمند است.
- صنعت بازیافت به یکی از کلیدی ترین صنایع در قرن آینده تبدیل خواهد شد. بدیهی است هر کشوری که از دانش و فناوری پیشرفته تری برخوردار باشد، سهم قابل توجهی از این بازار جهانی را به خود اختصاص خواهد داد. بازیافت پلی اتیلن ترفتالات انواع مختلفی دارد.
- در روش اول بازیافت پلی اتیلن ترفتالات، مواد ساخته شده از این پلیمر را پس از شست و شو و تمیز کردن، ذوب کرده و دوباره از آن ها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می کنند.

- در روش دوم بازیافت پلی اتیلن ترفتالات، پس از شست و شوی مواد پلاستیکی آن‌ها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده می‌کنند.
- در روش سوم بازیافت پلی اتیلن ترفتالات، پسماندهای این پلیمر را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند.
- سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی تعیین می‌کند کدام روش بازیافت را باید انتخاب کرد، زیرا برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کاری بسیار دشوار است.
- پلی اتیلن ترفتالات (PET)، در شرایط مناسب با متانول (CH_3OH) واکنش داده و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرهای جدید به کار برد.
- متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. از آنجا که این الکل کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد، باید آن را در مقیاس صنعتی تولید کرد.
- متانول در مقیاس صنعتی، از دو روش مستقیم و غیرمستقیم تولید می‌شود. متان مورد استفاده در این واکنش‌ها را با استفاده از زیست‌گاز، گاز طبیعی و یا گاز مشعل تهیه می‌کنند. تصویر زیر، نمایی از واکنش‌های انجام شده را نشان می‌دهد:

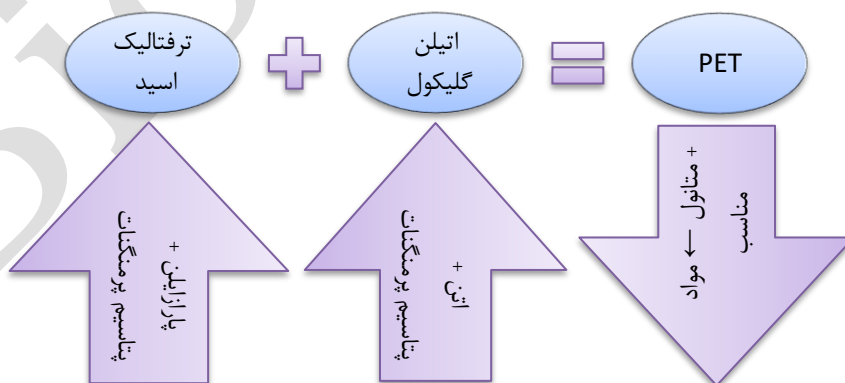


- در روش تولید مستقیم متانول از متان، گاز متان طبق واکنش $CH_4 \xrightarrow{O_2 + \text{کاتالیزگر}} CH_3OH$ اکسایش پیدا می‌کند. گاز متان، سازنده اصلی گاز طبیعی است و در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. در این میدان‌ها برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از گاز متان خارج شده را می‌سوزانند. گاز متان واکنش پذیری بسیار کمی دارد و تبدیل آن به متانول فرایندی دشوار است.
- واکنش‌های زیر، روش تولید غیرمستقیم متانول از متان را نشان می‌دهند.



واکنش کلی تولید غیرمستقیم متانول از متان به صورت $CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow CH_3OH(l) + H_2(g)$ است.

شکل‌های زیر نمایی کلی درباره‌ی سنتز و تجزیه PET نشان می‌دهند:



- شیمی سبز با طراحی مواد و فرایندهای شیمیایی مناسب، سبب حذف یا کاهش مواد زیان‌آور و سمی و حرکت در مسیر توسعه پایدار می‌شود. توسعه پایدار، به معنی بهره‌برداری هوشمندانه و مناسب از منابع برای تأمین نیازهای امروز بدون تحمیل هزینه به آیندگان تعریف می‌شود.
- همچنین شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کم‌ترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است.
- یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فرآورده‌های سودمند تبدیل شود.